

**EFISIENSI METODE *MULTI SOIL LAYERING* (MSL) DALAM
PENYISIHAN COD DARI LIMBAH CAIR HOTEL
(Studi Kasus: Hotel “X” Padang)**

**EFFICIENCY OF *MULTI SOIL LAYERING* (MSL) METHOD FOR
REMOVING COD FROM HOTEL WASTEWATER
(Case Study: Hotel “X” Padang)**

Shinta Elystia¹⁾, Shinta Indah²⁾, Denny Helard²⁾

¹⁾ Laboratorium Pencegahan Pencemaran Lingkungan Jurusan Teknik Lingkungan
Universitas Riau

²⁾ Laboratorium Air Jurusan Teknik Lingkungan Universitas Andalas
E-mail: shinta_elystia@yahoo.com

ABSTRAK

Dalam penelitian dilakukan pengolahan limbah cair Hotel yang bersumber dari dapur dan laundry dengan metode Multi Soil Layering (MSL). Tujuan penelitian ini untuk menentukan efisiensi penyisihan COD dan mempelajari pengaruh faktor variasi material organik dalam campuran tanah pada lapisan anaerob dan variasi Hydraulic Loading Rate (HLR) terhadap efisiensi pengolahan limbah cair hotel dengan metode MSL. Dua buah reaktor MSL berdimensi 50 x 15 x 100 cm dengan lapisan batuan yang sama pada kedua reaktor berupa kerikil berukuran 3–5 mm serta lapisan anaerob berupa campuran tanah dengan arang (reaktor 1) dan campuran tanah dengan serbuk gergaji (reaktor 2) dengan rasio komposisi 2 : 1. Limbah dialirkan pada masing-masing reaktor dengan variasi HLR 500, 750, dan 1.000 l/m²/hari. Konsentrasi COD sebelum diolah adalah 132,600–201,240 mg/l, setelah diolah dengan MSL konsentrasi berubah menjadi 12,480–88,920 mg/l. Secara umum, variasi material organik dalam campuran tanah tidak begitu berpengaruh pada penyisihan COD. Variasi HLR cukup berpengaruh, dimana HLR 500 l/m²/hari memberikan efisiensi penyisihan COD yang lebih tinggi. Efisiensi penyisihan COD yang diperoleh pada penelitian ini berturut-turut pada reaktor 1 berkisar antara 55 -90 % dan pada reaktor 2 berkisar antara 56-89%. Hasil menunjukkan bahwa kedua reaktor mampu menyisihkan COD pada limbah cair hotel.

Kata Kunci: COD, limbah cair hotel, multi soil layering (MSL)

ABSTRACT

Research COD removal from hotel wastewater stemmed from laundry and kitchen with Multi Soil Layering method (MSL) was conducted. The aim were to observe COD removal efficiency and to study the effect of organic material variation in soil as the anaerob layer as well as the effect of various hydraulic loading rate (HLR). In this research, there were two MSL reactors with dimension of 50 x 15 x 100 cm. Aerob layers of both reactors in the form of gravel 3-5 mm sized while anaerob layers are composed from soil mixed with charcoal (reactor 1) and soil mixed with sawdust (reactor 2) with ratio 2:1. HLR of wastewater for each reactor are 500, 750, and 1.000 l/m²/day. Concentration of COD was 132,600-201,240 mg/l. COD concentration successively reduced to 12,480-88,920 mg/l. This result indicated both reactors can cast aside COD and also neutralize hotel liquid waste pH. In general, organic material variation of in soil mixture, that is sawdust and charcoal did not show any significant influence. HLR of 500 l / m²/day allowed the best removal efficiency at each contaminant parameters. As a whole efficiency removal of COD at this research successively at reactor 1 ranged from 55-90%, and 56-89%.

Key Words: COD, hotel wastewater, multi soil layering (MSL)

PENDAHULUAN

Limbah Cair Hotel adalah semua bahan buangan yang berbentuk cair yang dihasilkan oleh kegiatan hotel yang dibuang ke lingkungan dan diduga dapat menurunkan kualitas lingkungan (SK Gubernur Sumatera Barat No.26 tahun 2001).

Pembangunan hotel yang begitu pesat saat ini akan membawa pengaruh dan berdampak signifikan terhadap lingkungan, karena limbah cair hotel yang dibuang sembarangan dapat merusak lingkungan. Pada umumnya pembangunan hotel belum memiliki sistem pengolahan limbah cair yang memadai, dan ada sebagian hotel yang langsung membuang limbahnya ke saluran air atau sungai. Sementara pengusaha menganggap bahwa limbah cair hotel memiliki karakteristik yang sama dengan limbah cair rumah tangga, sehingga pengolahan limbah hanya menggunakan septik tank saja. Padahal, limbah hotel memiliki karakteristik yang berbeda dengan limbah cair rumah tangga, karena potensi limbah tersebut tidak hanya berasal dari kegiatan dapur, tetapi juga dari kegiatan kantor, kamar hotel, kolam renang dan *laundry*. Limbah yang terakhir inilah yang sangat berpengaruh, karena detergen mengandung bahan kimia yang sukar terurai oleh mikroorganisme (*nonbiodegradable*) (Rubiadadi, 1993).

Menurut Matsunaga T *et al*, (2007) metode *Multi Soil layering* (MSL) adalah metode pengolahan yang memanfaatkan kemampuan tanah dalam mengolah limbah cair. Metode ini dikenal murah dari segi biaya, tetapi membutuhkan lahan yang luas jika dibandingkan dengan sistem pengolahan mesin atau teknis. MSL juga

dikenal sederhana, mudah dari segi pengoperasian dan pengontrolan, serta bersifat ramah lingkungan, karena menggunakan bahan-bahan alam dan mudah didapatkan, diantaranya yaitu tanah humus dari daerah pegunungan (*andisol*), serbuk gergaji, arang kelapa, dan lain-lain sebagai lapisan anaerob, serta kerikil atau batuan lainnya sebagai lapisan aerob. Dalam sistem MSL kondisi aerob dan anaerob merupakan faktor utama yang mempengaruhi penyisihan parameter pencemar. MSL terdiri dari campuran lapisan tanah yang mempunyai daya serap tinggi dan disusun dengan pola batu bata (Matsunaga T *et al*, 2007). Wakatsuki *et al* (1993) menambahkan bahwa metode MSL adalah metode yang memanfaatkan kemampuan tanah dalam mengolah limbah cair.

Metode MSL ini telah diuji untuk pengolahan limbah cair domestik di beberapa negara, seperti Jepang (Wakatsuki *et al*, 1993; Masunaga *et al*, 2007) dan Thailand (Attananda *et al*, 2000). Sementara di Indonesia, metode MSL diteliti dan diuji untuk pengolahan limbah cair industri kelapa sawit, *crumb rubber* (karet), tahu, dan keripik ubi kayu. Hasil yang didapat secara keseluruhan cukup memuaskan (Salmariza, 2001; Salmariza, 2002; Salmariza, 2003; Kasman, 2004).

Perbedaan penelitian kali ini dengan yang pernah dilakukan di Jepang oleh Wakatsuki *et al*, 1993; Masunaga *et al*, 2007 dan Thailand oleh Attananda *et al*, 2000 adalah dari struktur lapisan aerob dan anaerob reaktor MSL-nya. Lapisan *aerob* (batuan) reaktor MSL yang umumnya digunakan di Jepang dan Thailand adalah zeolit sedangkan pada penelitian ini menggunakan kerikil. Untuk lapisan *anaerob* reaktor MSL

digunakan campuran tanah dengan arang, serta tanah dengan serbuk gergaji, berbeda dengan reaktor-reaktor MSL yang digunakan di Jepang dan Thailand dimana lapisan anaerobnya terdiri atas campuran tanah, bijih besi, dan beberapa jenis material organik. Campuran material yang digunakan pada lapisan anaerob ini sedikit berbeda pula dengan lapisan anaerob pada reaktor MSL untuk pengolahan limbah cair industri di Indonesia yang menambahkan serbuk gergaji sebagai material organik.

Limbah cair yang digunakan pada penelitian ini adalah limbah cair Hotel "X". Hotel "X" merupakan salah satu hotel berbintang yang ada di Kota Padang yang terletak di kawasan jalan Juanda. Hotel "X" terdiri dari 6 lantai dengan luas bangunan $\pm 13.000 \text{ m}^2$. Aktivitas perhotelan menghasilkan limbah cair, yang berasal dari kamar mandi, dapur, dan *laundry*. Kenyataan di lapangan menunjukkan bahwa limbah yang berasal dari kamar mandi (kloset dan *floor drain*) dialirkan ke bak kontrol lalu di salurkan ke septik tank, dan diresapkan ke dalam bidang resapan. Limbah dapur sebelum di buang ke badan air penerima, dialirkan ke bak penangkap minyak dan lemak terlebih dahulu, untuk memisahkan minyak dan lemak dari limbah cair lainnya.

Pemeriksaan terhadap COD sangat diperlukan untuk mengetahui jumlah konsentrasi zat organik yang terkandung dalam air limbah. Nilai COD tinggi akan mengakibatkan miskinnya kandungan oksigen di badan air sehingga mengganggu ekosistem perairan. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk menentukan efisiensi penyisihan COD pada limbah cair hotel, serta mempelajari pengaruh faktor variasi material organik dalam campuran tanah

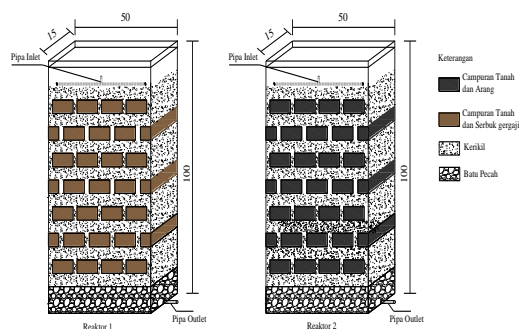
pada lapisan anaerob dan variasi *Hydraulic Loading Rate* (HLR) terhadap efisiensi pengolahan limbah cair hotel dengan metode MSL.

Limbah cair yang digunakan adalah limbah cair efluen dapur setelah melewati bak penangkap minyak dan lemak dan limbah cair *laundry*. Limbah cair dialirkan secara kontinu ke dalam 2 reaktor MSL yang berbeda lapisan anaerobnya dengan variasi HLR yakni 500, 750 dan $1.000 \text{ l/m}^2\text{hari}$.

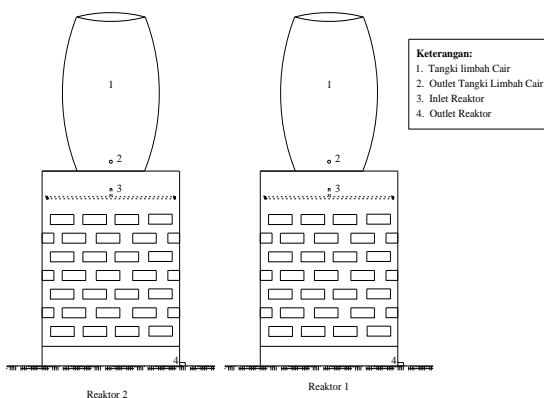
METODOLOGI

Desain dan Instalasi Reaktor

Reaktor yang digunakan pada penelitian ini terbuat dari *flexiglass* dengan dimensi $50 \times 15 \times 100 \text{ cm}$ berjumlah 2 (dua) unit. Lapisan batuan (aerob) yang digunakan untuk kedua reaktor MSL ini adalah keriki yang berukuran 3–5 mm. Sementara untuk lapisan anaerob terdapat perbedaan komposisi antara reaktor 1 dan 2, dimana pada reaktor 1 digunakan campuran tanah dengan arang sedangkan pada reaktor 2 digunakan campuran tanah dengan serbuk gergaji. Perbandingan tanah dan arang adalah 2:1, begitu juga dengan campuran tanah dengan serbuk gergaji (komposisinya dihitung melalui analisis kadar air). Campuran tanah dengan arang atau serbuk gergaji ini kemudian dibentuk menjadi bentuk batu bata, dengan dimensi panjang 10 cm, lebar 15 cm dan tinggi 5 cm. Jarak antar batu bata 2 cm dan jarak antara lapisan pertama dengan lapisan kedua 5 cm, sementara lapisan aerob (batuan) kedua reaktor adalah kerikil berukuran 3-5 mm. Reaktor dilengkapi bak inlet, pipa inlet, dan pipa outlet. Untuk lebih jelasnya instalasi reaktor dapat dilihat pada Gambar 1 dan sketsa perletakan reaktor pada Gambar 2.



Gambar 1. Instalasi Reaktor MSL



Gambar 2. Sketsa Perletakan Reaktor

Percobaan Pendahuluan

Merupakan tahap persiapan untuk menentukan waktu detensi dan pengamatan kondisi fisik meliputi parameter warna secara visualisasi dan bau serta kimia efluen reaktor MSL diwakili konsentrasi COD per 15 menit selama 1,5 jam. Percobaan pendahuluan juga untuk menentukan apakah kondisi reaktor sudah stabil (tunak) dan siap untuk digunakan.

Percobaan Utama

Meliputi pengaliran sampel limbah pada masing-masing reaktor, dengan variasi campuran lapisan tanah dan HLR 500, 750 dan 1.000 l/m²hari. Analisis laboratorium yang dilakukan adalah Uji COD dengan metode *Closed Reflux*, secara Titrimetri.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Karakteristik Limbah Cair

Analisis karakteristik limbah cair Hotel “X” dilakukan pada 2 titik *sampling*, titik pertama pada saluran setelah bak penangkap lemak dan titik kedua pada saluran sebelum limbah cair di alirkan ke badan air penerima. Kandungan minyak dan lemak dari limbah dapur tetap ada, walaupun telah melewati bak penangkap. Selain minyak dan lemak, limbah dapur juga mengandung banyak zat organik dan partikel tersuspensi. Hal ini dibuktikan dengan pengujian awal terhadap karakteristik limbah cair.

Dari segi fisik, limbah cair di titik pertama (limbah dapur) terlihat keruh, mengandung TSS yang tinggi dan berbau. Limbah cair pada titik kedua (limbah *laundry*) terlihat banyak mengandung busa. Analisis karakteristik kimia limbah cair pada pengambilan sampel berikutnya di kedua titik menunjukkan konsentrasi parameter pencemar cukup tinggi dan telah melebihi baku mutu (Tabel 1).

Percobaan Pendahuluan

Penentuan Waktu Detensi (t_d)

Waktu detensi dihitung dalam 4 (empat) tahap percobaan yang meliputi pengaliran air kran dan limbah cair. Dari hasil percobaan, waktu detensi rata-rata reaktor 1 untuk HLR 500, 750 dan 1.000 l/m²hari adalah 44, 34, dan 25 menit, sedangkan reaktor 2 waktu detensinya adalah 75, 31, dan 21 menit.

Tabel 1. Perbandingan Karakteristik Limbah Cair Hotel “X” dengan Baku Mutu Limbah Cair Hotel

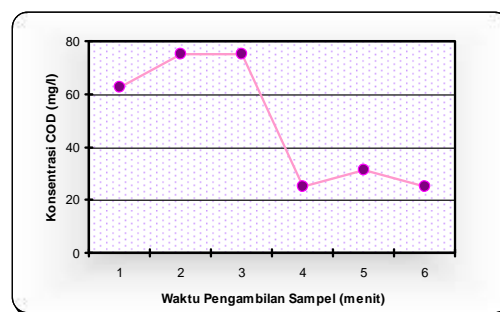
Parameter	Satuan	Baku Mutu ¹	Limbah (Dapur dan Laundry) ²
pH	—	6–9	8,0
BOD	mg/l	30	69,698
COD	mg/l	50	137,280
TSS	mg/l	50	125
Minyak/Lemak	mg/l	30	45
Detergen	mg/l	50	2,780

Sumber: ¹SK Gubernur No. 26 Tahun 2001, ²Hasil Penelitian

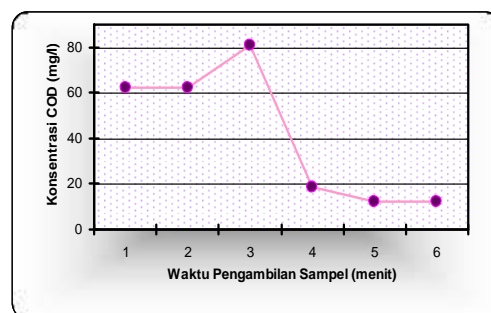
Pengamatan Kondisi Fisik dan Kimia Efluen Reaktor

Pengamatan kondisi fisik dan kimia bertujuan untuk mengetahui kondisi tunak reaktor. Kondisi ini ditandai dengan samanya warna dan bau air efluen reaktor per 15 menit pengambilan sampel efluen reaktor selama 1,5 jam serta stabilnya konsentrasi COD per waktu yang sama.

Kondisi fisik efluen reaktor 1 pada 15 menit pertama dan kedua berwarna bening kuning tua dan tidak berbau, sedangkan pada 15 menit ke 3 sampai ke 6 telah menunjukkan kestabilan dengan bentuk fisik yang sama yaitu bening kuning muda dan tidak berbau. Kondisi fisik efluen untuk reaktor 2 pada 15 menit pertama dan kedua berwarna bening kuning tua dan tidak berbau, sedangkan pada 15 menit ke 3 sampai ke 6 juga ditandai dengan bentuk fisik yang sama yaitu bening kuning muda dan tidak berbau. Pengamatan kondisi kimia menunjukkan bahwa konsentrasi COD efluen reaktor 1 dan 2 stabil pada 15 menit ke 4 pengambilan sampel efluent reaktor.



Gambar 3. Konsentrasi COD Efluen Reaktor 1 per 15 menit



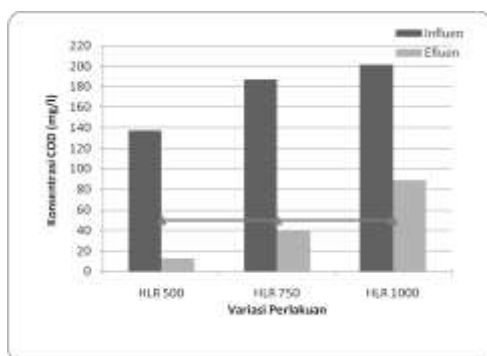
Gambar 4. Konsentrasi COD Efluen Reaktor 2 per 15 menit

Percobaan Utama

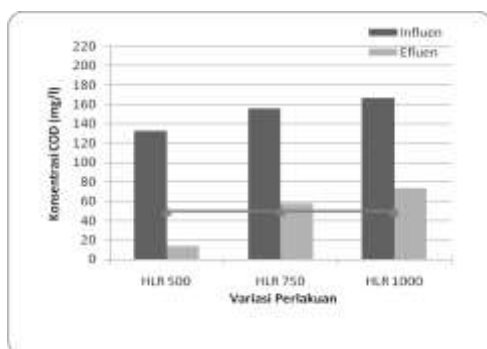
Pada bagian ini akan ditinjau pengaruh faktor-faktor, seperti lapisan anaerob (campuran tanah) dan HLR yang digunakan pada masing-masing reaktor terhadap efisiensi penyisihan COD yang dihasilkan.

Penurunan Konsentrasi COD

Konsentrasi COD limbah cair yang harus diolah oleh reaktor 1 berkisar antara 137,280–201,240 mg/l, sedangkan pada reaktor 2 adalah sebesar 132,600–166,920 mg/l. Setelah dilakukan pengolahan dalam reaktor MSL, terjadinya penurunan konsentrasi, dimana untuk reaktor 1 penurunan konsentrasi COD menjadi 12,480–88,920 mg/l dan reaktor 2 penurunannya menjadi 14,040–73,320 mg/l.



Gambar 5. Perbandingan Konsentrasi COD Influen-Efluen Reaktor 1 dengan Baku Mutu



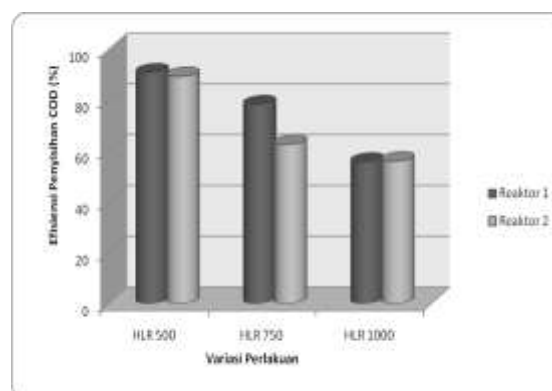
Gambar 6. Perbandingan Konsentrasi COD Influen-Efluen Reaktor 2 dengan Baku Mutu

Gambar 5 dan 6 memperlihatkan perbandingan konsentrasi COD influen-efluen kedua reaktor dengan konsentrasi baku mutu. Dari Gambar 5 dan 6 dapat diketahui bahwa konsentrasi COD effluen reaktor 1 yang berada dibawah baku mutu (50 mg/l) terdapat pada HLR 500 dan 750 l/m²hari, sedangkan pada reaktor 2 konsentrasi COD effluen yang berada dibawah baku mutu hanya pada HLR 500 l/m²hari saja.

Pengaruh Lapisan Anaerob

Secara umum variasi campuran tanah dengan material organik pada lapisan anaerob tidak memberikan pengaruh yang besar terhadap penyisihan COD, yang dibuktikan dengan selisih efisiensi penyisihan yang tidak begitu besar. Diketahui efisiensi penyisihan COD limbah

cair pada reaktor 1 adalah 55–90%, sedangkan pada reaktor 2 konsentrasi COD yang tersisih sebesar 56–89%.



Gambar 7. Pengaruh Lapisan Tanah Reaktor Terhadap Efisiensi Penyisihan COD

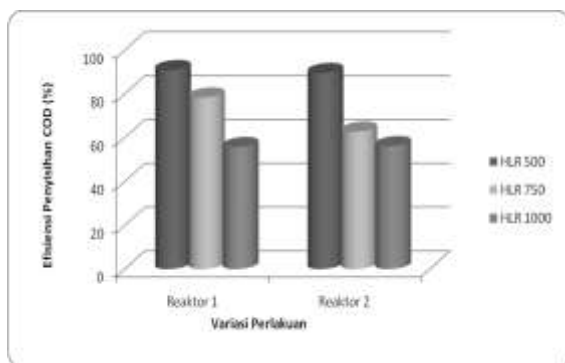
Berdasarkan Gambar 7 dapat disimpulkan bahwa secara umum, kecenderungan efisiensi penyisihan pada setiap variasi perlakuan menunjukkan reaktor 1 lebih tinggi dalam penyisihan senyawa organik dari pada reaktor 2. Hal ini kemungkinan disebabkan terjadinya karena proses adsorpsi berlangsung lebih baik pada campuran tanah dan arang dari pada campuran tanah dengan serbuk gergaji, hal ini disebabkan karena pori-pori arang yang halus, sehingga bidang adsorpsi lebih luas dalam menyisihkan zat organik dan partikel tersuspensi (Sembiring, 2003). Dengan semakin kecilnya pori-pori arang maka proses filtrasi akan berlangsung dengan sempurna untuk menahan materi-materi kecil/ zat organik yang ada di dalam limbah cair (Anonymous, 2008).

Pengaruh *Hydraulic Loading Rate* (HLR)

Terlihat fenomena dimana persentase penyisihan COD menurun seiring dengan meningkatnya HLR. Efisiensi penyisihan COD tertinggi terdapat pada HLR 500 l/m²hari berkisar antara 89–90%. Penyisihan COD pada HLR 750 l/m²hari,

berkisar antara 62–78%, sedangkan penyisihan COD pada HLR 1000 diperoleh dengan nilai yang rendah, yakni 55–56%. Presentase penyisihan berbanding terbalik dengan HLR yang diberikan, dimana semakin tinggi HLR semakin rendah persentase penyisihan yang didapatkan dan sebaliknya. Dengan semakin rendahnya HLR yang diberikan, maka mekanisme kerja MSL (filtrasi, absorpsi, adsorpsi, dan dekomposisi) pada lapisan tanah dan batuan berlangsung sempurna. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 8.

Tingginya efisiensi penyisihan COD dengan HLR 500 l/m²hari disebabkan oleh lebih sempurnanya proses dekomposisi material organik limbah cair dalam reaktor MSL karena waktu kontak material organik dengan mikroorganisme di lapisan tanah dan batuan lebih lama.



Gambar 8. Pengaruh HLR Terhadap Efisiensi Penyisihan COD

Efektivitas Kinerja Reaktor MSL dalam Menyisihkan COD

Dalam mengolah limbah cair hotel, kinerja reaktor MSL 1 dan 2 ternyata cukup baik. Jika dibandingkan kinerja kedua reaktor dalam mengolah limbah cair, reaktor 1 sedikit lebih unggul daripada reaktor 2. Penyisihan COD dalam limbah cair pada reaktor 1 diatas 90%.

Variasi HLR sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD, dimana diperoleh efisiensi yang lebih tinggi dan konsentrasi dibawah baku mutu pada pengaliran dengan HLR 500 l/m²hari. Secara keseluruhan dari hasil penelitian yang dilakukan, efisiensi penyisihan COD dari limbah cair Hotel “X” Padang dengan metode MSL adalah 55–90%. Hasil ini hampir sama seperti yang diperoleh pada penelitian limbah domestik yang bersumber dari dapur dan kafetaria di Universitas Kasetsart, Bangkok, dimana diperoleh efisiensi penyisihan COD di atas 92% (Attanandana *et al*, 2000). Berdasarkan hasil ini, dapat dikatakan bahwa metode MSL layak dijadikan sebagai salah satu alternatif pengolahan limbah cair di Indonesia, khususnya untuk mengolah limbah cair Hotel “X” Padang.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian pengolahan limbah cair Dari hasil penelitian dapat disimpulkan beberapa hal, antara lain:

Hasil analisis limbah cair yang telah mengalami pengolahan pendahuluan menunjukkan bahwa secara visual limbah cair setelah melewati bak penangkap minyak dan lemak terlihat keruh, berminyak, dan berbau, serta limbah cair dari aktivitas laundry yang dibuang ke badan air penerima banyak mengandung busa. Konsentrasi parameter pencemar dari kedua jenis sumber limbah cair ini masih melebihi baku mutu yang ditetapkan (Keputusan Gubernur Sumatera Barat Nomor 26 Tahun 2001).

Efisiensi penyisihan COD yang diperoleh pada penelitian ini berturut-turut pada reaktor 1 berkisar antara 55 -90 % dan pada reaktor 2 berkisar antara 56-89% Hasil ini

menunjukkan baiknya kinerja kedua reaktor dalam mengolah dan menyisihkan parameter pencemar limbah cair.

Secara umum, perbedaan campuran tanah dengan material organik tidak memberikan pengaruh yang signifikan terhadap efisiensi penyisihan COD.

Variasi HLR sangat berpengaruh terhadap efisiensi penyisihan COD. Makin rendah HLR yang diberikan maka makin tinggi efisiensi penyisihan parameter pencemar yang diolah. Efisiensi penyisihan terbaik BOD diperoleh pada HLR 500 l/m²/hari, yaitu sebesar 89-90%.

Tingginya efisiensi penyisihan parameter pencemar yang didapatkan dalam penelitian ini membuktikan bahwa metode MSL layak dijadikan sebagai salah satu alternatif pengolahan air buangan domestik, khususnya untuk mengolah limbah cair Hotel "X" Padang.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonymous. 2008. Filtrasi. <http://himateka-ftumj.tripod.com/Filtrasi.htm>, akses 1 Mei, 2008).
- Attanandana, T, et al. 2000. "A Comparative Study of Zeolite with Other Materials As The Component of The Multi Soil Layering System for Wastewater Treatment". *Ecological Engineering*. Elsevier Press: Thailand.
- Database of Indonesian Laws Website. Surat Keputusan Gubernur Sumatera Barat No. 26 Tahun 2001 tentang Penetapan Baku Mutu Limbah Cair Bagi Kegiatan Hotel di Sumatera Barat. (<http://www.bappenas.go.id/sumatera-barat/document>, akses 20 April 2008).
- Kasman, M. 2004. *Studi Pengolahan Limbah Cair Industri Keripik Ubi Kayu (Manihot Utilissima) dengan Metode Multi Soil Layering (MSL)*. Tugas Akhir Sarjana Teknik Universitas Andalas. Universitas Andalas: Padang.
- Masunaga, T, et al. 2007. *Characteristic Of Wastewater Treatment Using A Multi-soil-Layering System In Relation To Wastewater Contaminant Levels and Hydraulic Loading Rate*. Soil Science and Plant Nutrition.
- Rubiyatadji R. 1993. *Penurunan Kadar Deterjen (Alkyl Benzene Sulphonate) Dalam Air Dengan Proses Adsorpsi Karbon Aktif*. Tugas Akhir. Program Studi Teknik Lingkungan, ITS, Surabaya
- Salmariza, Sofyan, Hasni, 2001, "Penggunaan MSL dalam Meminimalisasi Pencemaran Industri Palm Oil", Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Padang.
- Salmariza, Sofyan, Hasni, 2002, "Minimalisasi Pencemaran Industri Crumb Rubber dengan Metoda MSL (Multi Soil Layering)", Balai Penelitian dan Pengembangan Industri, Padang.
- Sembiring, 2003. Arang Aktif. (<http://library.usu.ac.id/download/ft/industri-meilita.pdf>, akses 5 April 2008)
- Suara Merdeka. 2005. *Hotel berwawasan Lingkungan*. (<http://www.suaramerdeka.com/harian/0503/22/kot11.htm>, akses 5 April 2008).
- Wakatsuki, T, et al. 1993. *High Performance and N & P Removable On-Site Wastewater Treatment System by Multi Soil Layering Method*. Water Science Technology. Vol: 27. Hal: 31 – 40. Japan.